

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 02 721.1

Anmeldetag: 23. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: STEAG microParts GmbH, 44227 Dortmund/DE

Bezeichnung: Mikrofluidische Anordnung zum Dosieren
von Flüssigkeiten

IPC: B 81 B, B 01 L, G 01 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

Dipl.-Chem. E.L. FRITZ
Dr. Dipl.-Phys. R. BASFELD
Dipl.-Ing. J. GRAEFE
Patentanwälte
M. HOFFMANN
B. HEIN
Rechtsanwälte
Ostentor 9
59757 Arnsberg

PT 02/303
22.01.2003/GR/RH

STEAG microParts GmbH
Hauert 7

44227 Dortmund

=====
"Mikrofluidische Anordnung zum Dosieren von Flüssigkeiten"
=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine mikrofluidische Anordnung zum Dosieren und Trennen einer oder mehrerer erster dosierter Flüssigkeitsmengen von einer zweiten Flüssigkeitsmenge.

5 Aus dem Stand der Technik sind verschiedene derartige mikrofluidische Anordnungen bekannt. Derartige mikrofluidische Anordnungen werden beispielsweise zum Dosieren und Injizieren von Flüssigkeiten für nasschemische, biochemische und diagnostische
10 Analysen benutzt. Dabei werden u. a. Volumenelemente mit einer definierten ersten Flüssigkeitsmenge befüllt. Diese definierte Flüssigkeitsmenge wird von einer überschüssigen zweiten Flüssigkeitsmenge getrennt. Das Trennen der überschüssigen Flüssigkeitsmenge von der dosierten Flüssigkeitsmenge geschieht dabei heutzutage in der Regel durch mechanische Elemente oder
15 durch eine Gasphase. Die Gasphase kann dabei durch ein Absaugen der überschüssigen Flüssigkeitsmenge erhalten werden. Ebenso ist es möglich, dass die überschüssige Flüssigkeitsmenge mittels eines Druckstoßes von der dosierten Flüssigkeitsmenge „weggeblasen“ wird.

20 Ein Nachteil bei den bisherigen mikrofluidischen Anordnungen zum Dosieren und Trennen mittels einer Gasphase ist, dass zum Erzeugen des Unterdrucks bzw. des Überdrucks (absaugen bzw. wegblasen) zum Trennen der ersten von der zweiten Flüssigkeitsmenge
25 Druckerzeugungsmittel vorgesehen sein müssen, mittels derer der notwendige Druckstoß erzeugt wird. Dagegen ist für das Dosieren selbst ein Druckstoß nicht erforderlich, da die zu dosierende Flüssigkeitsmenge oftmals über Kapillarkräfte in das Dosiervolumen eingefüllt wird. Dieses ist z.B. in der Druckschrift WO 99/46 045
30 offenbart. Auch das Dosieren könnte grundsätzlich mit Druckerzeugungsmitteln durch Ansaugen oder Einblasen geschehen. Diese Möglichkeit erwies sich jedoch auch in der Vergangenheit

bereits als aufwendig und wird, wo es möglich ist, durch das Befüllen mittels Kapillarkräfte ersetzt.

Der Erfindung liegt vor dem Hintergrund der aufgezeigten Nachteile der Anordnungen aus dem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine mikrofluidische Anordnung vorzuschlagen, bei welcher das Trennen einer oder mehrerer dosierter erster Flüssigkeitsmengen von der im Allgemeinen überschüssigen zweiten Flüssigkeitsmenge ohne Druckerzeugungsmittel erreicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine mikrofluidische Anordnung gemäß Anspruch 1 gelöst. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, auch für das Trennen der dosierten Flüssigkeitsmenge von der überschüssigen Flüssigkeitsmenge Kapillarkräfte zu nutzen. Damit diese Kapillarkräfte genutzt werden können, sollte die mikrofluidische Anordnung auf die im Anspruch 1 bestimmte Weise ausgeführt sein. So weist eine erfindungsgemäße mikrofluidische Anordnung einen ersten Kanal und einen oder mehrere zweite Kanäle auf. Der erste Kanal hat dabei einen Einlass und einen Auslass. Im Bereich des Auslasses liegt dabei eine größere Kapillarkraft vor, als im Bereich des Einlasses. Die zweiten Kanäle zweigen an einem oder mehreren Verzweigungspunkten von dem ersten Kanal ab. Dabei haben die zweiten Kanäle eine größere Kapillarkraft als der erste Kanal an den Verzweigungspunkten. Ferner haben die zweiten Kanäle ein vorbestimmtes Volumen. Für den Transport der Flüssigkeiten sind die Kanäle der mikrofluidischen Anordnung entsprechend ausgelegt. Die gilt z. B. hinsichtlich der Querschnittsflächen, der Querschnittsanordnung, der Oberflächenbeschaffenheit u. ä. Bei einem Kanal kann es sich im übrigen um eine Nut oder einen Graben in einer Oberfläche handeln, die vorzugsweise mit einem Deckel verschlossen ist. Ebenso ist es möglich, dass der Kanal als Röhrchen ausgebildet ist. Ein Kanal im Sinne der Erfindung kann im Grunde jede Struktur sein, welche


geeignet ist eine Flüssigkeit oder ein Gas bei einem Transport in eine bestimmte Richtung zu leiten.

Das Dosieren und das Trennen erfolgt derart, dass eine an dem Einlass anliegende Flüssigkeitsmenge aufgrund der Kapillarkraft, welche am Einlass vorliegt, in den ersten Kanal eingesaugt und in Richtung des Auslasses transportiert wird. Auf dem Weg vom Einlass zum Auslass wird ein Teil der in den ersten Kanal transportierten Flüssigkeitsmenge an dem Verzweigungspunkt in den zweiten Kanal transportiert, da der zweite Kanal im Bereich des Verzweigungspunkts eine größere Kapillarkraft aufweist als der erste Kanal. Der zweite Kanal wird dabei solange mit der Flüssigkeit befüllt, bis das definierte Volumen des zweiten Kanals vollständig gefüllt ist. Die dann noch in dem ersten Kanal enthaltene oder noch am Einlass anliegende Flüssigkeitsmenge wird dann aufgrund der Kapillarkraft innerhalb des ersten Kanals zu dessen Auslass transportiert. Ist die gesamte überschüssige Flüssigkeitsmenge zum Auslass transportiert, liegt in dem ersten Kanal eine Gasphase vor. Über diese Gasphase ist die dosierte Flüssigkeitsmenge in dem zweiten Kanal von der überschüssigen Flüssigkeitsmenge fluidisch getrennt.


Die höhere Kapillarkraft des zweiten Kanals gegenüber dem ersten Kanal am Verzweigungspunkt, kann dadurch erreicht werden, dass am Übergang vom ersten Kanal zum zweiten Kanal eine sprunghafte Änderung der geometrischen Eigenschaften oder eine sprunghafte Änderung der Oberflächeneigenschaften der Wandung am Übergang vorliegt. Ein Maß für die Kapillarkraft am Übergang ist dabei die Druckdifferenz, die gemäß der folgenden Formel berechenbar ist, wie sie auch beispielsweise in einer Veröffentlichung von Hosokawa et. al. angegeben wurde (K. Hosokawa, T. Fujii, and I. Endo, „Hydrophobic Microcapillary vent for pneumatic manipulation of liquid in μ Tas“, Proc. „Micro Total Analysis systems '98“, pp. 307 – 310, Banff, Canada.):

$$\Delta P = -2\gamma \cos\theta (1/w + 1/h - 1/W - 1/H),$$

5 wobei γ und θ die Oberflächenspannung der Flüssigkeit und den Randwinkel zwischen der Flüssigkeit und den Wandungen bezeichnen und w und h die Abmessungen des Kanals hinter dem Übergang und W und H die Abmessungen des Kanals vor dem Übergang
10 bezeichnen.


 Gemäß der Erfindung kann die mikrofluidische Anordnung ein Einlassreservoir aufweisen, welches dem Einlass des ersten Kanals vorgeschaltet ist. Dieses Einlassreservoir kann dann gemäß der
15 Erfindung eine kleinere Kapillarkraft als der erste Kanal im Bereich des Einlasses haben.

20 Ferner kann die mikrofluidische Anordnung ein Auslassreservoir aufweisen, welches dem Auslass des ersten Kanals nachgeschaltet ist. Dieses Auslassreservoir hat vorteilhaft eine größere Kapillarkraft als der erste Kanal im Bereich des Auslasses.

 Der erste Kanal der mikrofluidischen Anordnung kann gemäß der Erfindung zwischen Einlass und Auslass in Abschnitte aufgeteilt sein,
25 so dass der erste Kanal ein erstes Kanalsystem bildet. Vorteilhaft können dann die Abschnitte des ersten Kanalsystems eine vom Einlass zum Auslass zunehmende Kapillarkraft aufweisen.


30 Ebenso können gemäß der Erfindung die zweiten Kanäle in Abschnitte aufgeteilt sein, so dass die zweiten Kanäle ein zweites Kanalsystem bilden, wobei die Kapillarkraft dieser Abschnitte der zweiten

Kanalsysteme vorteilhaft von den Verzweigungspunkten zu den Mitteln zum Anhalten ansteigt.

5 An die zweiten Kanäle kann sich anschließend an die Anhaltemittel je ein dritter Kanal anschließen. Eine erfindungsgemäße mikrofluidische Anordnung kann aber auch so ausgeführt sein, dass sich an die zweiten Kanäle ein gemeinsamer dritter Kanal anschließt. In dem dritten Kanal kann beispielsweise eine Reaktionskammer ausgebildet sein, in welcher Reagenzien vorgesehen sind. Die dosierte
10 Flüssigkeit, welche in einem zweiten Kanal enthalten ist, kann in den dritten Kanal transportiert werden, wo die dosierte Flüssigkeit dann mit den Reagenzien in der Reaktionskammer reagiert und ein
 gewünschtes Produkt entsteht.

15 Für den Transport in die dritten Kanäle kann die Kapillarkraft der dritten Kanäle größer sein als die der zweiten Kanäle.

Gemäß der Erfindung können die Anhaltemittel Kapillarstopps, Mikroventile oder andere geeignete Anhaltemittel sein.

20 Die mikrofluidische Anordnung kann im Anschluss an die dritten Kanäle je einen zweiten Auslass aufweisen, über welchen beispielsweise das Produkt aus der mikrofluidischen Anordnung
 entnommen werden kann. Ebenso ist es möglich die mikrofluidische
25 Anordnung und insbesondere den zweiten und den dritten Kanal über diesen zweiten Auslass zu entlüften. Über den zweiten Auslass kann ferner eine weitere Reaktionskammer o.ä. mit der erfindungsgemäßen Anordnung verbunden sein.

30 Bei einer mikrofluidischen Anordnung können einzelne oder alle Abschnitte des ersten Kanalsystems, der zweiten Kanalsysteme und/oder der dritten Kanalsysteme mäanderförmig, als Hohlräume und/oder mit einem saugfähigem Material ausgestaltet sein. Ferner

kann die mikrofluidische Anordnung im Bereich des
Verzweigungspunkts mit einem Belüftungskanal verbunden sein.

Anhand der Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele für eine erfindungsgemäße mikrofluidische Anordnung zum Dosieren und zum Trennen einer ersten Flüssigkeitsmenge von einer zweiten Flüssigkeitsmenge dargestellt. Darin zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines einfachen Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 bis Fig. 7 ein zweites Ausführungsbeispiel in unterschiedlichen Befüllungszuständen und

Fig. 8a bis 8c ein drittes vereinfachtes Ausführungsbeispiel.

Die in den Fig. 1 bis Fig. 8c dargestellten Ausführungsbeispiele für mikrofluidische Anordnungen können Teil einer größeren Gesamtanordnung sein. Sie können beispielsweise mit weiteren mikrofluidischen Anordnungen für die gleichen oder auch für andere Zwecke auf einem Probenträger z. B. aus Kunststoff oder Silizium, insbesondere einer Mikrotiterplatte vorgesehen sein.

Das der Erfindung zugrundeliegende Prinzip soll anhand des vereinfachten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 8a bis 8c erläutert werden. Die mikrofluidische Anordnung gemäß Fig. 8 bis 8c weist einen ersten Kanal 2 mit einem Einlass und einem Auslass 12 auf. An einem Verzweigungspunkt 4 des ersten Kanals 2 zwischen dem Einlass 11 und dem Auslass 12 zweigt ein zweiter Kanal 16 von dem ersten Kanal 2 ab. Dieser zweite Kanal 16 hat an dem Verzweigungspunkt 4 eine größere Kapillarkraft als der erste Kanal 2. Ferner hat der zweite Kanal 16 ein genau bestimmtes Volumen. Eine Flüssigkeit, welche über den Einlass 11 in den ersten Kanal 2 eingebracht wird, wird aufgrund der in dem ersten Kanal 2 wirkenden Kapillarkräfte zum Verzweigungspunkt 4 transportiert. Wegen der größeren Kapillarkraft des zweiten Kanals 16 im Vergleich zum ersten

Kanal 2 am Verzweigungspunkt 4 wird ein Teil der Flüssigkeit am Verzweigungspunkt 4 in den zweiten Kanal 16 transportiert, und zwar so lange, bis der zweite Kanal 16 vollständig mit Flüssigkeit gefüllt ist. Der zweite Kanal 16 enthält in diesem Moment eine erste genau dosierte Flüssigkeitsmenge. Ein anderer Teil der Flüssigkeit, welche an dem Einlass 11 in den ersten Kanal 2 eingebracht ist, wird über den Verzweigungspunkt 4 hinaus in Richtung zum Auslass 12 transportiert. Sobald an dem Einlass 11 keine weitere Flüssigkeit mehr in den ersten Kanal 2 eintritt wandert eine Gasblase in den ersten Kanal 2 ein. Diese erreicht früher oder später den Verzweigungspunkt 4. Sobald diese Gasblase den Verzweigungspunkt 4 passiert hat, ist die in Transportrichtung vor der Gasblase liegende zweite Flüssigkeitsmenge von der in dem zweiten Kanal 16 genau dosierten enthaltenen ersten Flüssigkeitsmenge fluidisch getrennt. Die in dem ersten Kanal über dem Verzweigungspunkt 4 hinaus transportierte zweite Flüssigkeitsmenge tritt nach dem sie den Auslass 12 erreicht hat am Auslass 12 aus dem ersten Kanal 2 aus.

Das in der Fig. 1 dargestellt Beispiel für eine mikrofluidische Anordnung weist einen ersten Kanal 2, einen zweiten Kanal 16 und einen dritten Kanal 10 auf. Dabei weisen sowohl der erste Kanal 2, der zweite Kanal 16 als auch der dritte Kanal 10 mehrere Abschnitte auf, weshalb die Kanäle 2, 16, 10 im Folgenden als erstes Kanalsystem 2, zweites Kanalsystem 16 beziehungsweise drittes Kanalsystem 10 bezeichnet werden. Ferner weist das erste Ausführungsbeispiel ein Einlassreservoir 1, ein Auslassreservoir 3 und einen Belüftungskanal 5 auf. Anstelle des Belüftungskanal 5 kann zur Belüftung der Kanalsysteme auch eine Belüftung über das Einlassreservoir 1 erfolgen, welches auf nicht dargestellte Weise zum Befüllen mit einer Flüssigkeit mit der Umgebung verbunden ist. Die aufgezählten Komponenten des ersten Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Anordnung sind als Kavitäten in einem Probenträger

vorgesehen. Die Kavitäten sind als Ausnehmungen, Gräben und/oder Nute in einer Oberfläche des Probenträgers angeordnet. Diese Oberfläche des Probenträgers ist dann mittels einer Folie, einem Deckel oder ähnlichem abgedeckt. Für eine erfindungsgemäße mikrofluidische Anordnung können aber auch andere den Fachleuten geläufige Realisierungen gewählt werden, als das Einbringen von Ausnehmungen und/oder Nuten in der Oberfläche eines Probenträgers.

Das Einlassreservoir 1 kann von außen über eine nicht dargestellte Öffnung mit einer Flüssigkeit befüllt werden. An dieses Einlassreservoir schließt sich das erste Kanalsystem 2 an, das aus einem Kanal, einem Einlass 11 und einem Auslass 12 besteht, zwischen denen sich der Kanal erstreckt. Das Einlassreservoir 1 ist über den Einlass 11 an das erste Kanalsystem 2 angeschlossen. An den Auslass 12 des ersten Kanalsystems 2 schließt sich dann das Auslassreservoir 3 an. Dieses Auslassreservoir 3 ist über einen Entlüftungskanal mit der Umgebung verbunden. Stattdessen kann das Auslassreservoir 3 über Löcher, Kanäle oder dergleichen in dem Deckel entlüftet werden. Zwischen dem Einlass und dem Auslass 12 zweigt von dem Kanal des ersten Kanalsystems 2 an einem Verzweigungspunkt 4 das zweite Kanalsystem 16 ab. Die Form und die Fläche des Querschnitts der Kanäle an dem Verzweigungspunkt 4 beim Übergang vom ersten Kanalsystem 2 zum zweiten Kanalsystem 16, ändert sich sprunghaft. An diesen Stellen geht – in Transportrichtung gesehen – ein flacher und breiter Kanal in einen tiefen schmalen Kanal über.

Das zweite Kanalsystem 16 besteht aus drei Abschnitten 6, 7, 8, nämlich einem ersten Abschnitt 6, welcher als Nut ausgeführt ist und so einen Kanal bildet, einem zweiten Abschnitt 7, welcher als Ausnehmung ausgeführt ist, und einem dritten Abschnitt 8, der als Nut ausgeführt ist und so einen Kanal bildet. Dabei ist der erste Abschnitt

6 an dem Verzweigungspunkt 4 mit dem ersten Kanalsystem 2 verbunden. An diesen ersten Abschnitt 6 schließt sich dann der zweite Abschnitt 7 an, an welchen sich dann wiederum der dritte Abschnitt 8 anschließt. Der den dritten Abschnitt 8 bildende Kanal mündet in einen Kapillarstopp 9. An diesen Kapillarstopp 9 schließt sich dann das dritte Kanalsystem 10 an, welches im Wesentlichen aus einer Ausnehmung besteht, welche über zwei Kanäle einerseits mit dem Kapillarstopp 9 und andererseits mit einem zweiten Auslass 13 verbunden ist, welcher in die Umgebung mündet. Ferner kann das zweite Kanalsystem 6, 7, 8, und/oder das dritte Kanalsystem 10 mit einem Entlüftungs- bzw. Belüftungskanal versehen sein.

Am Verzweigungspunkt 4 zweigt neben dem zweiten Kanalsystem 6, 7, 8 auch der Belüftungskanal 5 ab, welcher mit seinem anderen Ende in die Umgebung mündet.

Die einzelnen Kanalsysteme des Ausführungsbeispiels weisen eine unterschiedliche Kapillarkraft auf. So ist insbesondere die Kapillarkraft des zweiten Kanalsystems 16 am Verzweigungspunkt 4 größer als die Kapillarkraft des ersten Kanalsystems 2 an diesem Verzweigungspunkt 4. Außerdem ist die Kapillarkraft des ersten Kanalsystems 2 größer als die Kapillarkraft des Einlassreservoirs 1. Umgekehrt ist dagegen die Kapillarkraft des ersten Kanalsystems 2 kleiner oder gleich der des Auslassreservoirs 3. Innerhalb des zweiten Kanalsystems 16 können die Abschnitte 6, 7, 8 eine gleiche Kapillarkraft aufweisen. Vorteilhaft ist es jedoch so, dass die Kapillarkraft des dritten Abschnitts 8 größer ist als die des zweiten Abschnitts 7 und die des zweiten Abschnitts 7 größer ist als die des ersten Abschnitts 6. Der Belüftungskanal 5 hat vorteilhaft eine Kapillarkraft, die kleiner ist als die des ersten Kanalsystems 2. Ebenso hat der Entlüftungskanal 14 vorteilhaft eine Kapillarkraft, die kleiner ist als die des Auslassreservoirs 3.

Das Volumen des Einlassreservoirs 1 ist kleiner oder gleich der Summe der Volumina des Auslassreservoirs 3 und des zweiten Kanalsystems 16.

5 Wird nun das Einlassreservoir 1 mit einer Flüssigkeit befüllt, geschieht folgendes: Aufgrund der höheren Kapillarkraft in dem ersten Kanalsystem 2 wird die in dem Einlassreservoir 1 enthaltene Flüssigkeit in das zweite Kanalsystem 2 transportiert, welches sich vom Einlass 11 in Richtung des Verzweigungspunkts 4 befüllt. Sobald
10 die Flüssigkeit den Verzweigungspunkt 4 erreicht hat, teilt der Flüssigkeitsstrom auf. Aufgrund der höheren Kapillarkraft des zweiten Kanalsystems 16 wird ein Teil der vom Einlass 11 in das erste Kanalsystem 2 einströmenden Flüssigkeit in das zweite Kanalsystem 16 gefördert. Ein anderer wesentlich kleinerer Teil, der in das zweite
15 Kanalsystem 2 einströmenden Flüssigkeit, wird über den Verzweigungspunkt 4 hinaus im zweiten Kanalsystem 2 zu dessen Auslass 12 transportiert. Die Kapillarkräfte sind dabei so zueinander gewählt, dass die in das zweite Kanalsystem 16 einströmende Flüssigkeit dieses zweite Kanalsystem 16 vollständig befüllt hat, bevor das Einlassreservoir 1 und der zwischen dem Einlass 11 und dem Verzweigungspunkt 4 liegende Teil des ersten Kanalsystems 2 vollständig von Flüssigkeit geleert sind. D. h. in dem Moment, in den
20 die in das zweite Kanalsystem 16 einströmende Flüssigkeit den Kapillarstop 9 erreicht hat, ist am Verzweigungspunkt 4 noch
25 Flüssigkeit im ersten Kanalsystem 2 enthalten. Dadurch kann das vorbestimmte Volumen dieses zweiten Kanalsystems 16 vollständig befüllt werden, wodurch sich in diesem zweiten Kanalsystem 16 ein genau dosiertes Volumen der Flüssigkeit einstellt. Ebenso ist es aber auch denkbar das erste Kanalsystem 2 im Bereich des
30 Verzweigungspunkt 4 keine Flüssigkeit mehr enthält wenn das zweite Kanalsystem vollständig befüllt ist.

Ist das zweite Kanalsystem 16 vollständig mit Flüssigkeit gefüllt, kann somit keine weitere Flüssigkeit in das zweite Kanalsystem 16 einströmen. Die noch in dem Einlassreservoir und/oder in dem ersten Kanalsystem 2 zwischen dessen Einlass und dem Verzweigungspunkt 4 enthaltene Flüssigkeit wird dann durch die Kapillarkraft des ersten Kanalsystems 2 zum Auslassreservoir 3 transportiert, wobei der Flüssigkeitsteil in dem ersten Kanalsystem von dem in dem zweiten Kanalsystem stehenden Flüssigkeitsteil abreißt, sobald in den Einlass 11 anstelle der Flüssigkeit ein Gas, zum Beispiel Luft, eintritt. Der Flüssigkeitsteil in dem ersten Kanalsystem 2 wird dann aufgrund der höheren Kapillarkraft des Auslassreservoirs 3 gegenüber dem ersten Kanalsystem 2 vollständig aus dem ersten Kanalsystem 2 herausgesaugt. Die dabei in dem Auslassreservoir 3 verdrängte Luft wird über den Entlüftungskanal 14 aus dem Auslassreservoir 3 transportiert.

Sobald jegliche Flüssigkeitsmenge aus dem Einlassreservoir 1 und dem ersten Kanalsystem 2 in das zweite Kanalsystem 16 bzw. in das Auslassreservoir 3 transportiert ist, liegen zwei voneinander getrennte Flüssigkeitsmengen in dem zweiten Kanalsystem 6, 7, 8 einerseits und dem Auslassreservoir 3 andererseits vor. Die anfänglich in das Einlassreservoir 1 eingefüllte Flüssigkeitsmenge ist verhältnismäßig ungenau dosiert. Dagegen ist nach dem Flüssigkeitstransport aus dem Einlassreservoir 1 in das zweite Kanalsystem 16 bzw. das Auslassreservoir 3 die in dem zweiten Kanalsystem 16 enthaltene Flüssigkeitsmenge A aufgrund des vorbestimmten Volumens dieses Kanalsystems genau definiert. In dem Auslassreservoir 3 ist dagegen eine undefinierte überschüssige Flüssigkeitsmenge B enthalten. Die beiden in der mikrofluidischen Anordnung enthaltenen Flüssigkeitsmengen, nämlich die in dem zweiten Kanalsystem 6, 7, 8 enthaltene dosierte Flüssigkeitsmenge A und die in dem Auslassreservoir 3 enthaltene undosierte Flüssigkeitsmenge B sind

fluidisch durch die in dem ersten Kanalsystem 2 enthaltene Gasphase voneinander getrennt.

Die in dem definierten Volumen des zweiten Kanalsystems 6, 7, 8, enthaltene Flüssigkeit kann dann nach Aufhebung der Wirkung des Kapillarstopps 9 in das dritte Kanalsystem 10 transportiert werden. Dieses ist anhand der Fig. 7 für das zweite Ausführungsbeispiel näher beschrieben.

Das zweite in den Fig. 2 bis Fig. 6 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht in weiten Teilen dem in der Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel. Daher sind gleiche Elemente der mikrofluidischen Anordnungen gemäß Fig. 1 bzw. Fig. 2 bis Fig. 6 mit gleichen Bezugszeichen versehen. Das erste Ausführungsbeispiel und das zweite Ausführungsbeispiel unterscheiden sich lediglich dadurch, dass bei dem zweiten Ausführungsbeispiel mehrere, nämlich drei zweite Kanalsysteme 16 und drei dritte Kanalsysteme 10 vorgesehen sind. Außerdem ist das Einlassreservoir 1 deutlich größer ausgebildet, wobei das Volumen des Einlassreservoirs 1 auch hier kleiner oder gleich der Summen der Volumina der zweiten Kanalsysteme 16 und des zweiten Auslassreservoirs 3 ist.

Die drei zweiten Kanalsysteme 16 zweigen in der Richtung vom Einlass 11 zum Auslass 12 hintereinander von dem Kanal des ersten Kanalsystems 2 an Verzweigungspunkten 4 ab. An den Verzweigungspunkten 4 schließen sich jeweils die ersten Abschnitte 6 des zweiten Kanalsystems 16 an. Diese ersten Abschnitte 6 des Kanalsystems münden dann wie bereits von dem ersten Ausführungsbeispiel bekannt, in einen zweiten Abschnitt 7, der dann in den dritten Abschnitt 8 mündet. Der dritte Abschnitt 8 des zweiten Kanalsystems 16 endet dann an jeweils einem Kapillarstopp 9. Hinter dem Kapillarstopp 9 schließt sich dann jeweils ein drittes Kanalsystem 10 an, welches in je einem zweiten Auslass 13 mündet.

Wird nun in das zweite Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 bis Fig. 6 das Einlassreservoir 1 von außen mit einer Flüssigkeit befüllt, tritt diese Flüssigkeit am Einlass 11 in das erste Kanalsystem 2 ein.

Aufgrund der wirkenden Kapillarkräfte zieht sich die Flüssigkeit in den

Kanal des ersten Kanalsystems 2 herein (Fig. 2) bis sie an dem ersten Verzweigungspunkt 4 angelangt. An dieser Stelle zweigt ein Flüssigkeitsstrom in das in der Darstellung links angeordnete zweite Kanalsystem 16 ein. Diese linke zweite Kanalsystem 16 wird

vollständig mit der Flüssigkeit befüllt. Erst dann wird die Flüssigkeit weiter in dem Kanal des ersten Kanalsystems 2 deutlich

vorangetrieben (Fig. 3). Sobald es den in der Mitte angeordneten Verzweigungspunkt 4 erreicht, zweigt von dem Strom in dem Kanal des ersten Kanalsystems 2 ein weiterer Flüssigkeitsstrom in das

mittig angeordnete zweite Kanalsystem 16 ab (Fig. 4). Sobald dieses vollständig bis zu dem Kapillarstop 9 befüllt ist, und der

Flüssigkeitsstrom in dem Kanal des ersten Kanalsystems 2 den rechten Verzweigungspunkt 4 erreicht hat, wird das rechte zweite Kanalsystem 16 befüllt. Ist auch dieses vollständig mit der Flüssigkeit befüllt, wird die verbleibende in dem Kanal des ersten Kanalsystems 2

befindliche Flüssigkeit und gegebenenfalls die in dem Einlassreservoir 1 verbliebene Flüssigkeit aufgrund der Kapillarkräfte

in das Auslassreservoir 3 transportiert (Fig. 5), wobei die in dem Auslassreservoir 3 verdrängte Luft über den Entlüftungskanal 14

austreten kann.

Bei dem in den Figuren 2 bis 7 dargestellten zweiten

Ausführungsbeispiel werden die definierten Volumina der zweiten Kanalsysteme 16, im Wesentlichen nacheinander befüllt. Durch eine entsprechende Ausgestaltung der Kanäle der ersten Abschnitte 6 der zweiten Kanalsysteme 16, und durch eine entsprechende

Ausgestaltung des ersten Kanalsystems kann die Kapillarkraft aber auch so eingestellt werden, dass die zweiten Kanalsysteme 16, annähernd gleichzeitig befüllt werden. Dabei bleibt die in dem ersten


Kanalsystem 2 strömende Flüssigkeit nicht in den Verzweigungspunkten bis zur vollständigen Befüllung stehen sondern wird ohne große Verzögerung bis zum ersten Auslass 13 transportiert. Sobald die Flüssigkeit die Verzweigungspunkte 4 erreicht hat beginnt dann das Befüllen des an dem jeweiligen Verzweigungspunkt 4 ausgeschlossenen zweiten Kanalsystem 16.

Auch bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 bis Fig. 6 ist somit im vorläufigen Endzustand (Fig. 6) die in dem Auslassreservoir 3 befindliche Flüssigkeit B von den dosierten in den zweiten Kanalsystemen 6, 7, 8 befindliche Flüssigkeiten A durch eine Gasphase fluidisch getrennt.

Sowohl in dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 1 als auch in dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 bis Fig. 6 sind die Ausnehmungen der dritten Kanalsysteme 10 als Reaktionskammern ausgeführt. D. h. in diesen Ausnehmungen sind Reagenzien eingebracht. Durch ein Anlegen eines Unterdrucks an den zweiten Auslässen 13 der mikrofluidischen Anordnungen, durch Erzeugen eines kurzen Überdrucks in den dritten Abschnitten 8 der zweiten Kanalsysteme 16, (beispielsweise durch mechanisches Drücken auf den Deckel der mikrofluidischen Anordnung im Bereich der dritten Abschnitte 8, durch lokales Erhitzen, mittels piezoelektrischer Elemente o. ä.) können die Kapillarstopps 9 benetzt, d. h. ihre Wirkung aufgehoben werden. Danach können nun die fluidisch von der Flüssigkeit in dem Auslaufreservoir getrennten Flüssigkeiten A über die Kapillarstopps 9 in die Reaktionskammern des dritten Kanalsystems transportiert werden. Der Transport erfolgt dabei vorteilhaft durch die Wirkung von Kapillarkräften, ebenso ist es aber auch ein Transport aufgrund von Druckeinwirkung – sei es Überdruck, sei es Unterdruck – möglich. Die dosierten Flüssigkeiten A reagieren dann in den Reaktionskammern mit den dort angeordneten Reagenzien wodurch das gewünschte Produkt entsteht.

Die Art und Weise wie unterschiedlichen Kapillarkräften der einzelnen Kanalsysteme bzw. einzelne Abschnitte in den Kanalsystemen hergestellt werden, ist dem einschlägigen Fachmann bekannt.

5 Beispielsweise können unterschiedliche Querschnittsflächen der Hohlräume und Nuten ausschlaggebend für die Kapillarkräfte sein. Auch sind Kanten, Ecken oder dergleichen Möglichkeiten, wie die Kapillarkraft eingestellt werden kann. Ferner können saugfähige Materialien in Hohlräume eingebracht werden, welche bei einem
10 Kontakt mit der Flüssigkeit diese mit großer Geschwindigkeit aufsaugen.

 Ebenso gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie Kapillarstopps 9 erzeugt werden können. Eine davon ist, eine einfache
15 Querschnittserweiterung des Kanalabschnitts. An dieser Stelle wäre dann die Kapillarkraft verringert, wodurch ein Flüssigkeitsstrom zum Stehen kommt. Ebenso ist es bekannt, hydrophobe oder raue Oberflächen in den Kanälen vorzusehen, um ein Stehenbleiben der Flüssigkeit zu erreichen.

Patentansprüche:

1. Mikrofluidische Anordnung zum Dosieren einer oder mehrerer
erster dosierter Flüssigkeitsmengen (A) und zum Trennen dieser
von einer zweiten Flüssigkeitsmenge (B), umfassend folgende
Merkmale:

- die Anordnung weist einen ersten Kanal (2) und ein oder mehrere zweite Kanäle (16) auf;
- der erste Kanal (2) weist einen Einlass (11) und einen Auslass (12) auf;
- die Anordnung weist im Bereich des Auslasses (12) eine Kapillarkraft auf, die größer oder gleich der Kapillarkraft im Bereich des Einlasses ist;
- die zweiten Kanäle (16) zweigen an einem oder mehreren Verzweigungspunkten (4) von dem ersten Kanal (2) ab;
- die zweiten Kanäle (16) haben eine größere Kapillarkraft als der erste Kanal (2) an den Verzweigungspunkten (4);
- die zweiten Kanäle (16) haben ein vorbestimmtes Volumen.

2. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine größere Kapillarkraft der zweiten Kanäle (16) an den Verzweigungspunkten (4) gegenüber der Kapillarkraft des ersten Kanals (2) durch sich sprunghaft ändernde geometrische Eigenschaften an den Übergängen vom ersten Kanal (2) zu den zweiten Kanälen (16) eingestellt ist.

3. Mikrofluidische Anordnung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass die

größere Kapillarkraft der zweiten Kanäle (16) an den Verzweigungspunkten (4) gegenüber der Kapillarkraft des ersten Kanals (1) durch sich sprunghaft ändernde Oberflächeneigenschaften der Wandungen an den Übergängen vom ersten Kanal (2) zu den zweiten Kanälen (16) eingestellt ist.

4. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Kanäle (16) an den Verzweigungspunkten (4) beginnen und an einem Mittel (9) zum Anhalten einer Flüssigkeitsströmung (Anhaltemittel) enden.
5. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Einlass (11) des ersten Kanals (2) ein Einlassreservoir (1) vorgeschaltet ist.
6. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Einlassreservoir (1) eine kleinere oder gleiche Kapillarkraft hat als der erste Kanal im Bereich des Einlasses (11).
7. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Auslass (12) des ersten Kanals (2) ein Auslassreservoir (3) nachgeschaltet ist.
8. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslassreservoir (3) eine größere oder gleiche Kapillarkraft hat als der erste Kanal (2) im Bereich des Auslasses (12).
9. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kanal (2)

zwischen Einlass (11) und Auslass (12) in Abschnitte aufgeteilt ist und so ein erstes Kanalsystem bildet.

10. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschnitte des ersten Kanals (2) eine vom Einlass (11) zum Auslass (12) zunehmende Kapillarkraft aufweisen.

11. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Kanäle (16) in Abschnitte (6, 7, 8) aufgeteilt sind und so ein zweites Kanalsystem bilden.

12. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapillarkraft der Abschnitte (6, 7, 8) der zweiten Kanäle (16) von den Verzweigungspunkten (4) bis zu den Anhaltemitteln (9) gleich bleibt oder ansteigt.

13. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die Anhaltemittel (9) je ein dritter Kanal (10) anschließt.

14. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapillarkraft der dritten Kanäle (10) gleich oder größer ist als die der zweiten Kanäle (6, 7, 8,).

15. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Anhaltemittel (9) Kapillarstopps sind.

16. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anhaltemittel (9) Mikroventile sind.

17. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dritten Kanäle (10) je einen zweiten Auslass (13) aufweisen.
- 5 18. Mikrofluidische Anordnung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Auslässe (13) je ein Mikroventil oder einen Kapillarstopp aufweisen.
- 10 19. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne oder alle Abschnitte (6, 7, 8, 10) des ersten Kanalsystems (2), der zweiten Kanalsysteme (16), der dritten Kanalsysteme (10) und/oder das Auslassreservoir mäanderförmig ausgeführt sind.
- 15 20. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne oder alle Abschnitte (6, 7, 8) des ersten Kanals (2), der zweiten Kanäle (16) und/oder der dritten Kanäle (10) als Hohlräume ausgeführt sind.
- 20 21. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einzelnen oder allen Abschnitten (6, 7, 8) des ersten Kanals (2), der zweiten Kanäle (16) und/oder dritten Kanalsysteme (10) und/oder dem Auslassreservoir (3) ein saugfähiges Material angeordnet ist.
- 25 22. Mikrofluidische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kanal (2) im Bereich des Verzweigungspunkts (4) mit einem Belüftungskanal (5) verbunden ist.
23. Träger, insbesondere Probenträger, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger eine mikrofluidische Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 22 aufweist.

24. Verfahren zum Dosieren einer oder mehrerer erster dosierter Flüssigkeitsmengen (A) und zum Trennen dieser von einer zweiten Flüssigkeitsmenge (B), umfassend folgende Schritte:

- die Flüssigkeit dringt über den Einlass (11) in den ersten Kanal (2) ein;
- die Flüssigkeit wird bis zu einem ersten der Verzweigungspunkte (4) transportiert;
- von dem ersten der Verzweigungspunkt (4) wird ein erster Teil der Flüssigkeit in einen ersten der zweiten Kanäle (16) transportiert, bis dieser vollständig mit einer ersten Flüssigkeitsmengen (A) befüllt ist;
- von dem ersten der Verzweigungspunkte (4) wird gegebenenfalls ein zweiter Teil der Flüssigkeit zu weiteren Verzweigungspunkten (4) transportiert;
- gegebenenfalls werden Teile des zweiten Teils der Flüssigkeit von den weiteren Verzweigungspunkten (4) in weitere zweite Kanäle transportiert, bis diese vollständig mit weiteren ersten Flüssigkeitsmengen (A) befüllt sind;
- der nach dem letzten der Verzweigungspunkte (4) im ersten Kanal (2) verbleibende Teil der Flüssigkeit wird als zweite Flüssigkeitsmenge (B) durch einen Gasphase von den ersten Flüssigkeitsmengen getrennt und zum Auslass (12) transportiert, wo er aus dem ersten Kanal austritt.

Zusammenfassung (Fig. 1)

Die Erfindung betrifft eine mikrofluidische Anordnung zum Dosieren einer oder mehrerer erster dosierter Flüssigkeitsmengen (A) und zum Trennen dieser von einer zweiten Flüssigkeitsmenge (B), umfassend folgende Merkmale:

- die Anordnung weist einen ersten Kanal (2) und ein oder mehrere zweite Kanäle (6, 7, 8) auf;
- der erste Kanal (2) weist einen Einlass (11) und einen Auslasses (12) auf;
- die Anordnung weist im Bereich des Auslass (12) eine Kapillarkraft auf, die größer oder gleich der Kapillarkraft im Bereich des Einlasses ist;
- die zweiten Kanäle (16) zweigen an einem oder mehreren Verzweigungspunkten (4) von dem ersten Kanal (2) ab;
- die zweiten Kanäle (16) haben eine größere Kapillarkraft als der erste Kanal (2) an den Verzweigungspunkten (4);
- die zweiten Kanäle (16) haben ein vorbestimmtes Volumen.

In einer erfindungsgemäßen Anordnung wird eine Flüssigkeit in dem ersten Kanal (2) vom Einlass (11) zum Auslass (12) transportiert. An den Verzweigungspunkten (4) tritt jeweils ein Teil der Flüssigkeit in die zweiten Kanäle (16) ein und befüllt diese vollständig mit den ersten dosierten Flüssigkeitsmengen (A). Der nach dem letzten Verzweigungspunkt (4) im ersten Kanal (2) verbleibende Teil der Flüssigkeit tritt als zweite Flüssigkeitsmenge über den Auslass aus dem ersten Kanal (2) aus.

Die in den zweiten Kanälen (16) dosierten Flüssigkeitsmengen (A) sind von der restlichen Flüssigkeitsmenge (B) durch ein Gas getrennt, das sich nach dem Füllen aller zweiten Kanäle (16) im ersten Kanal (2) befindet.

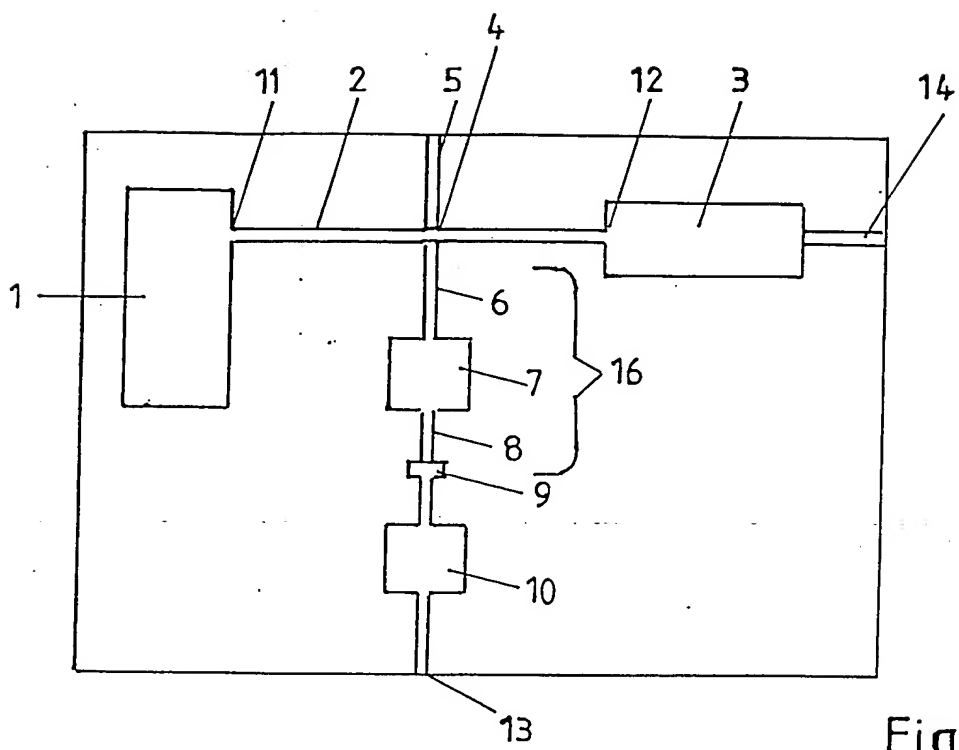


Fig. 1

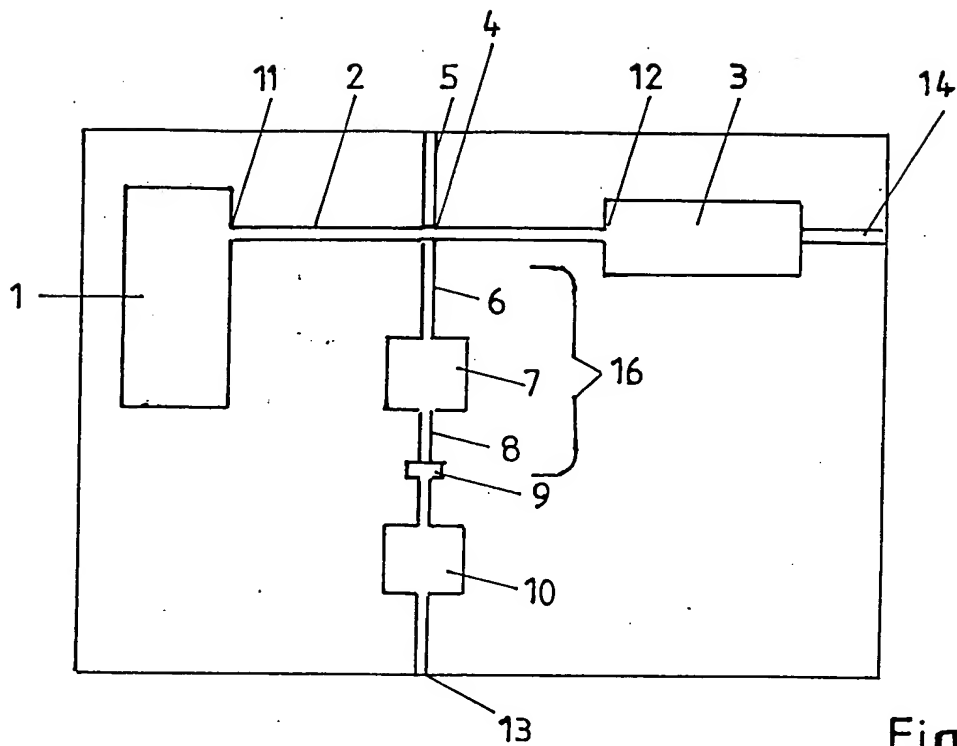


Fig. 1

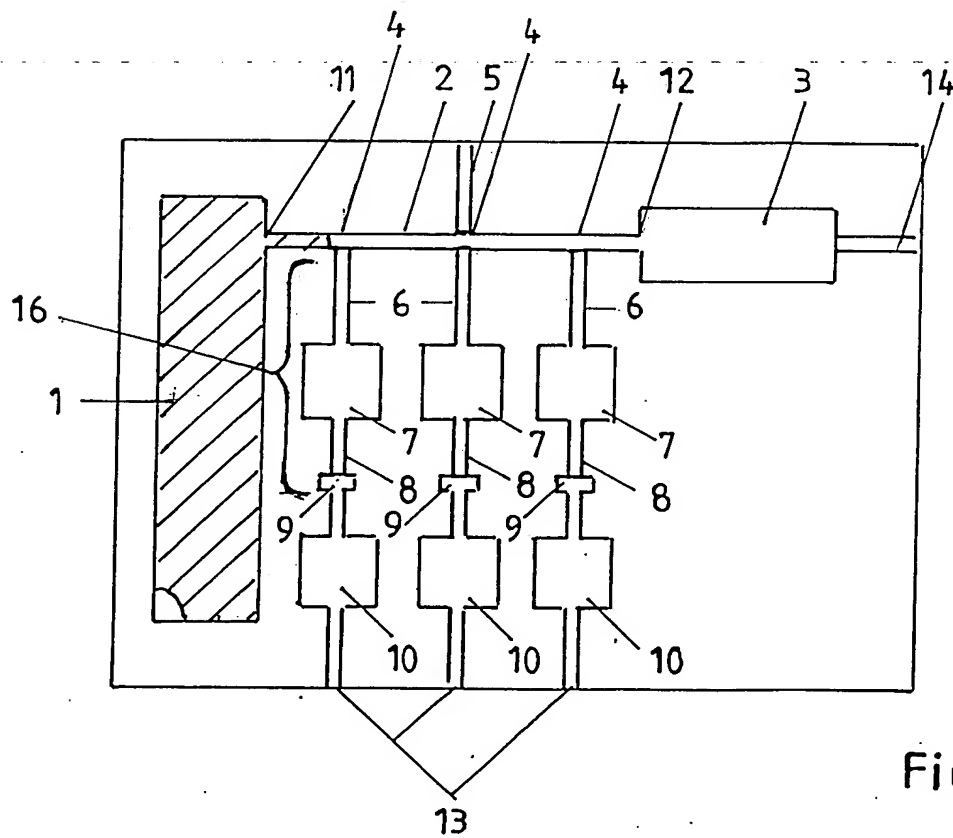
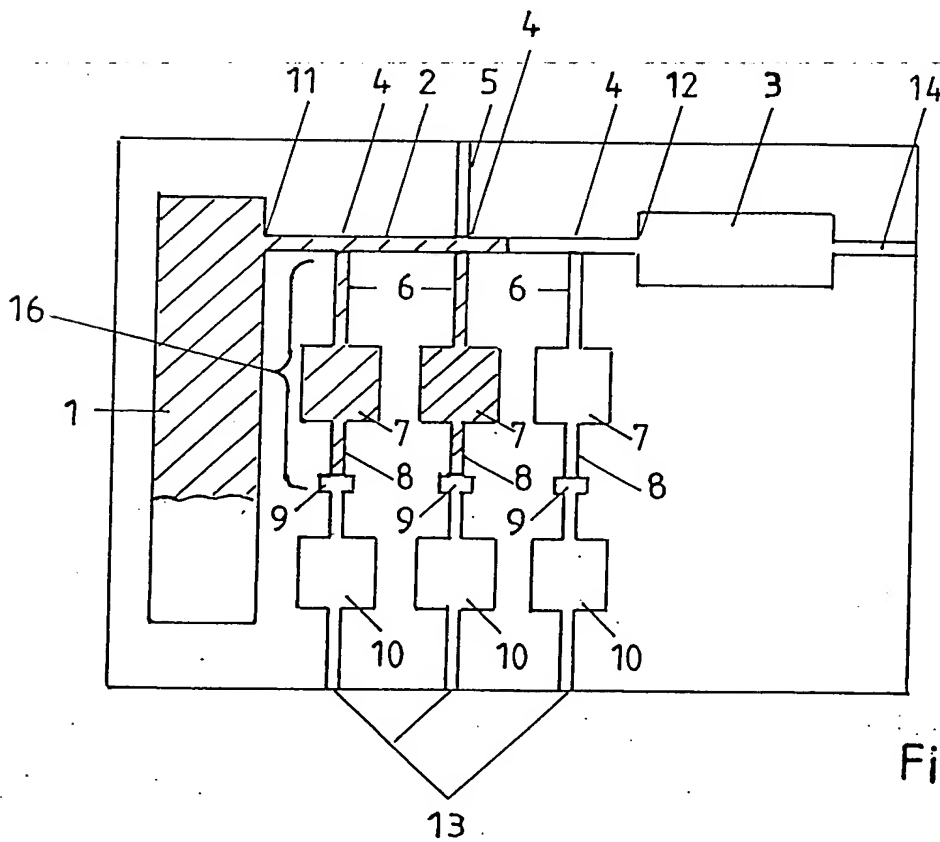
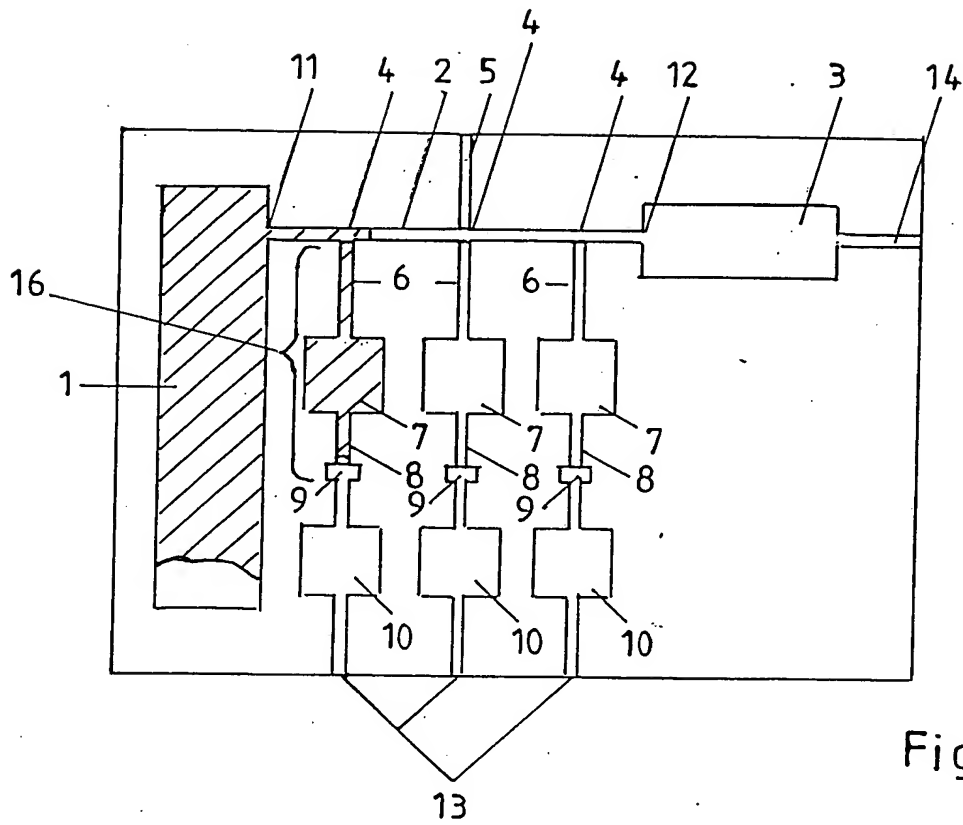
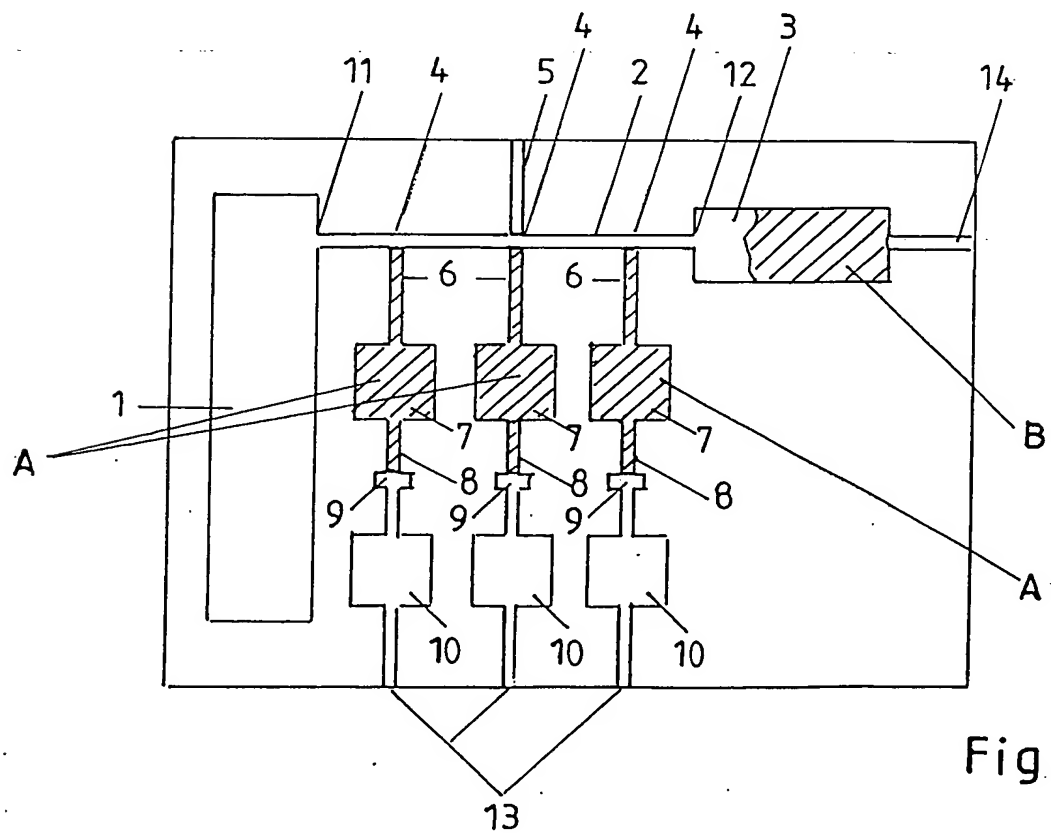
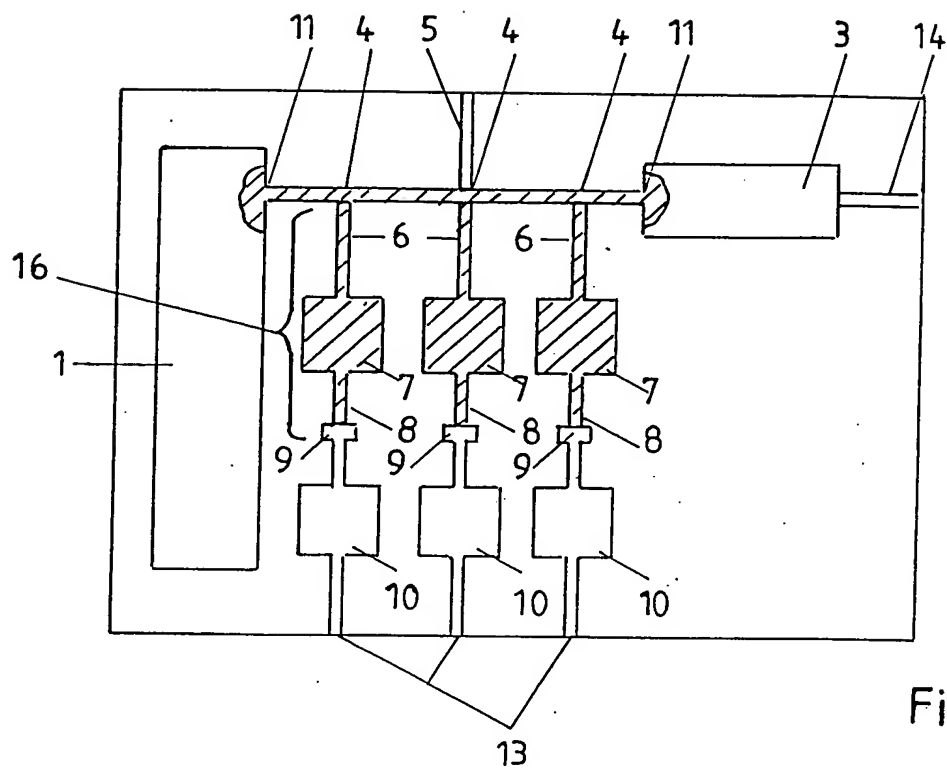


Fig. 2





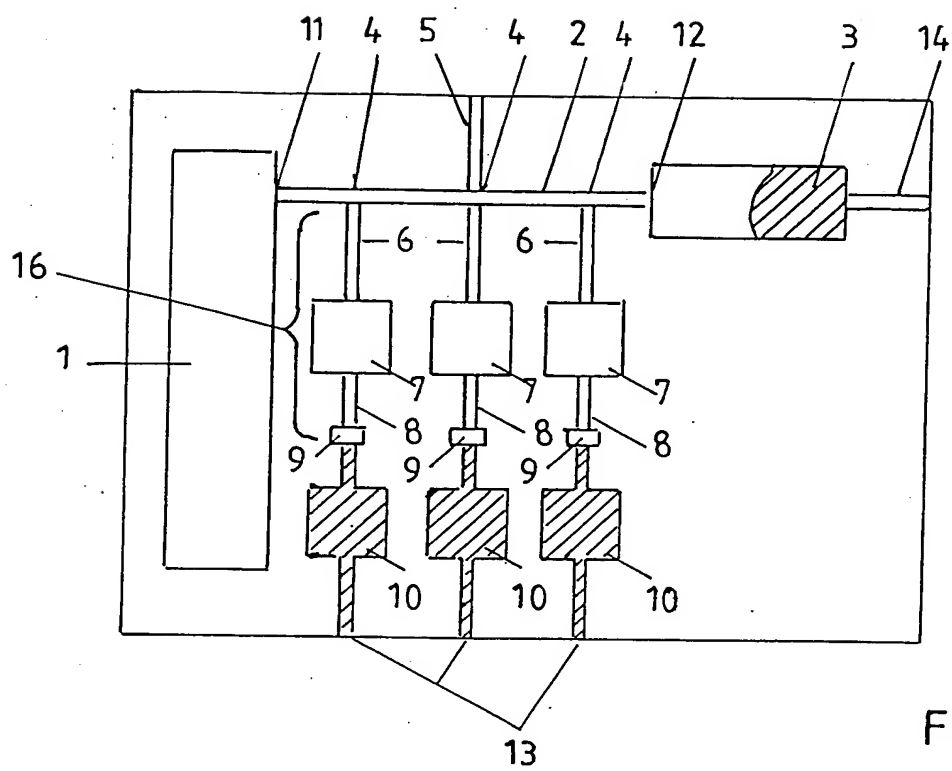


Fig. 7

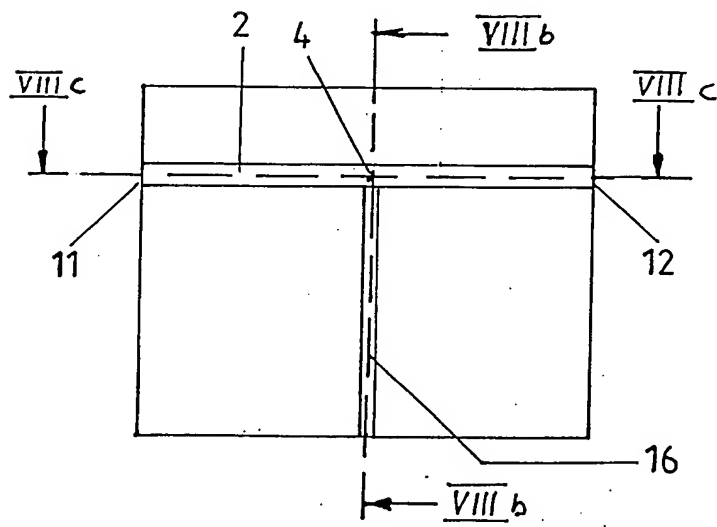


Fig. 8a

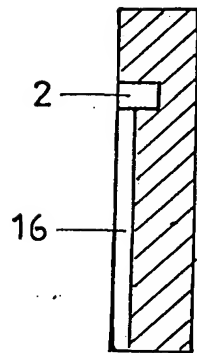


Fig.8b

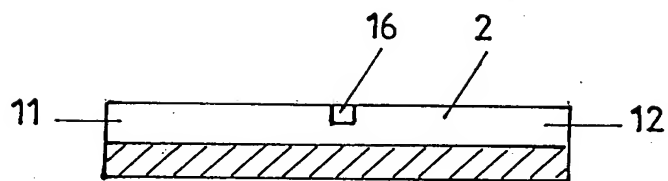


Fig.8c